

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-288256

(43)Date of publication of application : 04.11.1997

(51)Int.Cl.

G02F 1/09

(21)Application number : 08-100037

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 22.04.1996

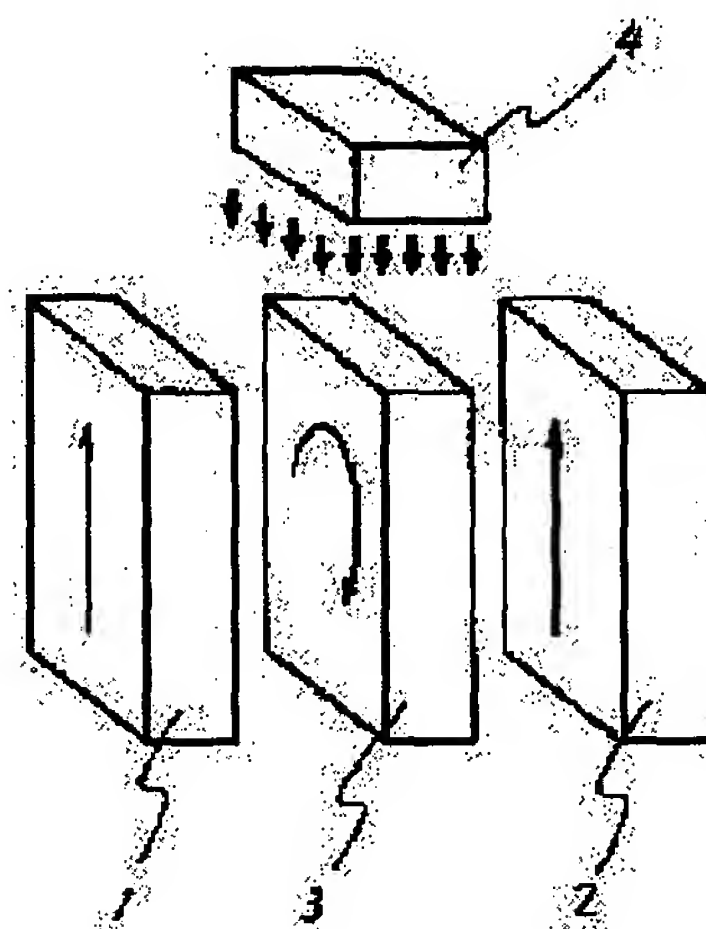
(72)Inventor : OGUMA TAKESHI

(54) VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a small-sized variable optical attenuator of high reliability by arranging a first double refraction material and a second double refraction material with the separation direction of abnormal rays same or opposite to each other.

SOLUTION: The double refraction materials 1, 2 consist of rutile, calcite, etc., and are disposed parallel to each other with the same separation direction of abnormal rays. A Faraday rotation element 3 using a yttrium iron garnet or the like is disposed between the double refraction materials 1, 2. A magnetic circuit 4 which can give an enough magnetic field on the Faraday rotation element 3 and can change the intensity of the magnetic field is disposed outside of the rotation element. When an external magnetic field is applied on the Faraday rotation element 3, two rays separated as normal rays and abnormal rays along the separation direction of abnormal rays in the double refractive material 1 cause rotation of the polarizing planes while the rays transmit through the Faraday rotation element 3. When these polarized rays are added in the double refraction material 2, not all rays are bundled into one beam again but separated beams which are not focused on the fiber in the exit side are produced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.04.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.10.1998

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] 1st birefringence matter. 2nd birefringence matter. The Faraday-rotation element arranged between the birefringence matter of the above 1st, and the birefringence matter of the above 2nd. A magnetic field impression means to impress a magnetic field to the aforementioned Faraday-rotation element. It is the good light variation attenuator equipped with the above, and it is opposite direction and the aforementioned magnetic field impression means is characterized by that the unusual light separation direction of the birefringence matter of the above 1st and the birefringence matter of the above 2nd is the same, or having the magnetic field control means which control the intensity of the aforementioned magnetic field.

[Claim 2] The birefringence matter of the above 1st and the birefringence matter of the above 2nd are a good light variation attenuator according to claim 1 characterized by being a parallel monotonous rutile.

[Claim 3] The good light variation attenuator according to claim 1 to which the aforementioned Faraday-rotation element is characterized by being a yttrium iron garnet.

[Claim 4] The good light variation attenuator according to claim 1 to which the aforementioned Faraday-rotation element is characterized by being a bismuth substitution garnet.

[Claim 5] The aforementioned Faraday-rotation element is a good light variation attenuator according to claim 1 characterized by the plane-of-polarization angle of rotation before and behind the passage in a saturation magnetic field being 90 degrees.

[Claim 6] The aforementioned magnetic impression means is a good light variation attenuator according to claim 1 characterized by the plane-of-polarization angle of rotation before and behind passage of the aforementioned Faraday-rotation element being 90 degrees in the maximum magnetic field to generate.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the electric control type good light variation attenuator in which feedback control is possible especially about a good light variation attenuator.

[0001]

[Description of the Prior Art] In recent years, the expectation for a multi-wavelength batch transmission method (henceforth "WDM transmission") is growing with utilization of optical fiber amplifier. In order to realize WDM transmission, reduction of the wavelength dependency of the gain of optical fiber amplifier is indispensable.

[0002] As one method for reduction of the wavelength dependency of the gain of optical fiber amplifier, although there is optimization of an erbium dope fiber (henceforth "EDF") gain wavelength dependency, it is necessary to control the gain of EDF uniformly for realization.

[0003] However, when the level variation of the input signal to optical fiber amplifier will appear as it is in an output stage when the gain of EDF is controlled uniformly, and multi-stage transmission is performed, the level variation in the receiving stage becomes large, and application to equipment is difficult.

[0004] Then, the electric control mold adjustable optical attenuator which is used for output-level change compensation of optical fiber amplifier and in which feedback control is possible is needed. The example of 1 application of the good light variation attenuator to optical fiber amplifier is shown in drawing 4 . Moreover, as shown in drawing 8 , composition given in a Japanese-Patent-Application-No. No. 247935 [62 to] official report is known as a conventional good light variation attenuator.

[0005] With the conventional composition shown here, the optical attenuation film with which the vacuum evaporation of the metals, such as chromium, was carried out so that density might become high one by one at a glass plate is arranged in an optical path, and the optical magnitude of attenuation is adjusted by making it rotate or move with a stepping motor etc.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there are the following problems with the composition of the conventional optical attenuator mentioned above. That is, I hear that the 1st trouble has a large-sized good light variation attenuator, and it has it. The reason is because it is necessary to enlarge a membranous moving range and to use a stepping motor etc. for an element of operation, in order to enlarge the magnitude-of-attenuation adjustable range, when an optical attenuation film is used.

[0007] The application to a commercial communication device with the need of reliability being bad, and the 2nd trouble having it by having mechanical moving part etc. for a long period of time, and continuing operating is difficult.

[trouble-free] possibility that a wear out failure will occur [the sliding section to which the birefringence matter is moved] -- it is because it is high

[0008] The purpose of this invention is to offer the good light variation attenuator of high reliance small.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order that the good light variation attenuator of this invention may remove the fault which the above-mentioned conventional optical attenuator has The Faraday-rotation element arranged between the 1st birefringence matter, the 2nd birefringence matter, these [1st], and the 2nd birefringence matter, It has a magnetic field impression means to impress a magnetic field to a Faraday-rotation element, and it is opposite direction and the magnetic field impression means is characterized by that the unusual light separation direction of the 1st birefringence matter and the 2nd birefringence matter is the same, or having the magnetic field control means which control the intensity of a magnetic field.

[0010] As for the good light variation attenuator of this invention, the parallel monotonous rutile is used for the 1st birefringence matter and the birefringence matter of the above 2nd as a material which constitutes the concrete

birefringence matter. Moreover, the Faraday-rotation element is characterized by being a yttrium iron garnet or a bismuth substitution garnet.

[0011] Moreover, the plane-of-polarization angle of rotation before and behind passage [in / a saturation magnetic field / in a Faraday-rotation element] is 90 degrees. Furthermore, the magnetic impression means is characterized by the plane-of-polarization angle of rotation before and behind passage of a Faraday-rotation element being 90 degrees in the maximum magnetic field to generate.

[0012] The good light variation attenuator of this invention is the structure which has arranged the first birefringence matter, a Faraday-rotation element, and the second birefringence matter one by one on an optical axis, and has arranged the magnetic circuit which impresses a magnetic field to the aforementioned Faraday-rotation element, and can carry out adjustable [of that the unusual light separation direction of two birefringence matter is the same, or the intensity of a magnetic field which it is opposite direction, and a magnetic circuit can add sufficient magnetic field to a Faraday-rotation element, and is applied].

[0013] [Embodiments of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained in detail using drawing 1 .

[0014] Drawing 1 is drawing showing one example of the good light variation attenuator of this invention. It is birefringence matter, such as a rutile and a calcite, and it is opposite direction as both are stationed in parallel and the birefringence matter 1 and 2 shows the unusual light separation direction to an arrow.

[0015] Among the birefringence matter 1 and 2, the Faraday-rotation element 3 which used the yttrium iron garnet or the bismuth substitution garnet is arranged. The magnetic circuit 4 which can carry out adjustable [of the intensity of the magnetic field which can add sufficient magnetic field to the Faraday-rotation element 3, and is added to it] is formed in the outside.

[0016] Next, the operating state of this invention is explained using drawing 2 and 3.

[0017] Drawing 2 is drawing showing operation in the state where a magnetic circuit 4 does not operate and the external magnetic field is not added to the Faraday-rotation element 3, when the optical magnitude of attenuation is the minimum. After it separates into Tsunemitsu and unusual light along the unusual light separation direction of the birefringence matter 1 and the beam of light which went into the birefringence matter 1 through the lens 6 from the incidence side fiber 5 turns into two beams of light, incidence of it is carried out to the Faraday-rotation element 3.

[0018] Since it is in the state where the external magnetic field is not added to the Faraday-rotation element 3, before and after an incident light passes the Faraday-rotation element 3, the plane of polarization of passage light does not change. Therefore, in the birefringence matter 2, polarization composition is carried out, and after the light which passed the Faraday-rotation element 3 becomes one beam of light again, it is combined with the outgoing radiation side fiber 8 through a lens 7.

[0019] Drawing 3 is in the state where the magnetic circuit 4 is working and the external magnetic field is added to the Faraday-rotation element 3. Before and after an incident light passes the Faraday-rotation element 3, the plane of polarization rotates, and the rotation is proportional to an external magnetic field.

[0020] It separates into Tsunemitsu and unusual light along the unusual light separation direction of the birefringence matter 1, the beam of light by which incidence was carried out to the birefringence matter 1 through the lens 6 from the incidence side fiber 5 turns into two beams of light, and incidence is carried out to the Faraday-rotation element 3.

[0021] In the birefringence matter 2, polarization composition of the light which passed the Faraday-rotation element 3 and plane of polarization rotated is carried out. Since the plane of polarization of light is rotating to the unusual light separation direction of the birefringence matter 2 at this time, no light becomes one beam of light again, but the separation light which does not carry out image formation to an outgoing radiation side fiber occurs.

[0022] The separation quantity of light has the rotatory polarization and correlation which take place by passing the Faraday-rotation element 3, and the function expression is $x = 100 \sin 2\theta$ (%).

It is alike and is given more. In an upper formula, separation light [as opposed to an incident light in x] is (%) comparatively, and θ is a rotatory polarization angle in a Faraday-rotation element. That is, in $\theta = 90$ [deg], the separation quantity of light becomes 100%, and the magnitude of attenuation serves as the maximum. The correlation diagram of a rotatory polarization angle and the separation quantity of light is shown in drawing 5 .

[0023] From this, the Faraday-rotation element 3 can attain optimization of an optical circuit by making its thickness in which plane of polarization carries out 90 [deg] rotations to the maximum external magnetic field.

[0024] Moreover, in the gestalt of this operation, although the case where the unusual light separation direction of the birefringence matter 1 and 2 was opposite direction was made into the example, as shown in drawing 6 , when the unusual light separation direction of the birefringence matter 1 and 2 is the same, it is effective.

[0025] In this case, when the magnitude of attenuation becomes the maximum while the magnetic circuit 4 is not working, and the magnetic field which a magnetic circuit 4 generates turns into beyond the Faraday-rotation child's 3

saturation magnetic field, except that the magnitude of attenuation serves as the minimum, about the principle of operation, it is the same.

[0026] In addition, although the configuration of the birefringence matter 1 and 2 was parallel plate-like in the gestalt of this operation, you may use a wedge-shaped thing as shown in drawing 7 .

[0027]

[Example] Next, the concrete example of this patent is explained. The birefringence matter 1 and 2 is parallel monotonous rutiles with a diameter [of 2mm], and a thickness of 1mm, and is 5 [deg] Leaned to an optical axis for acid resisting, and parallel and the unusual light separation direction are arranged so that two rutile boards may serve as opposite direction.

[0028] That by which two GADORIUM bismuth substitution garnet thick films with a diameter of 2mm which generate the Faraday-rotation angle of 45 [deg] in the saturation magnetic field of 200 oersteds were ***** (ed) by the Faraday-rotation child 3 is used, and it is arranged in parallel with the above-mentioned birefringence matter 1 and 2.

[0029] The ***** solenoid with 1200 turn volumes is used for the bobbin with a diameter of 12mm for the enameled wire with a diameter of 0.4mm at the magnetic circuit 4. The above-mentioned birefringence matter 1 and 2 and the Faraday-rotation child 3 are stationed inside the bobbin. The magnetic fields generated by this magnetic circuit are 300 oersteds at applied-voltage 5 V:00.

[0030] the incidence side fiber 5 and the outgoing radiation side fiber 8 -- a single mode fiber -- it is -- an outgoing radiation edge and an incidence edge -- an acid resisting sake -- 5[-- it is deg(ed),] leaned and ground As for the lens for combination, the aspheric lens of 30mm of distance between lenses is used. By such composition, the appearance size of optical parts is set to 60x20x20mm, and has become 10 about 1/by the volume ratio as compared with the conventional good light variation attenuator.

[0031] Moreover, in applied-voltage 0V to a solenoid, as for an insertion loss, the minimum joint loss is set to 30dB in 1.2dB and applied-voltage 5V, and, as for the optical property, magnitude-of-attenuation adjustable width of face of 28dB or more is checked. Moreover, after carrying out 3000hr neglect into 80-degree-C hot environments, having high-reliability without property change is checked.

[0032]

[Effect of the Invention] The 1st effect is a small thing. The reason is that mechanism elements, such as a move mechanism and a motor, are unnecessary since the attenuation film is not used. The 2nd effect is high reliance. The reason uses the magneto-optical effect which a Faraday-rotation element has, and depends it on that there is no sliding section.

[Translation done.]

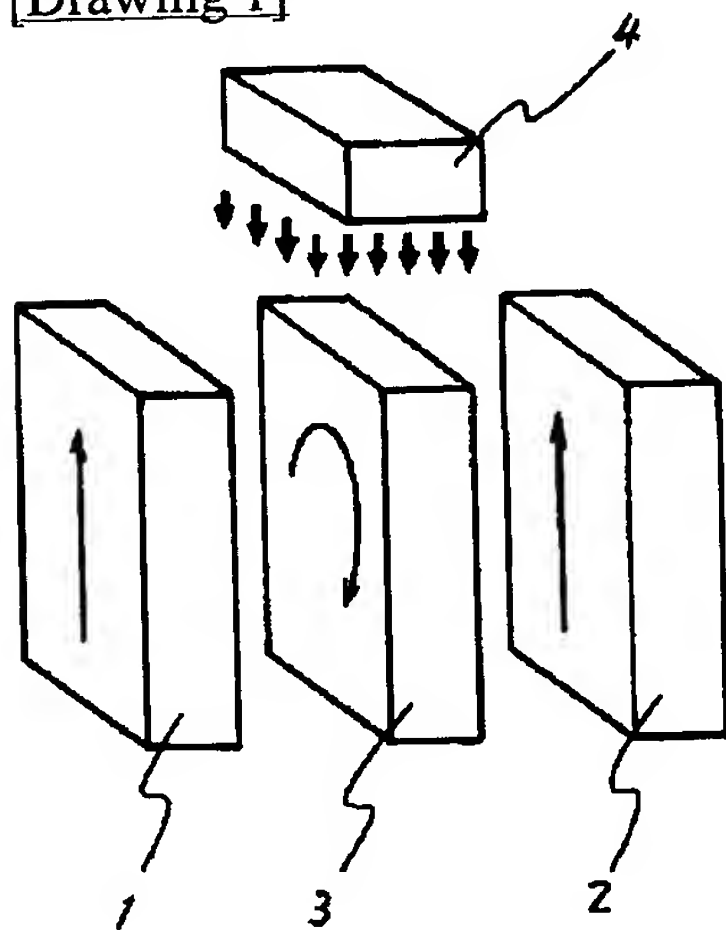
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

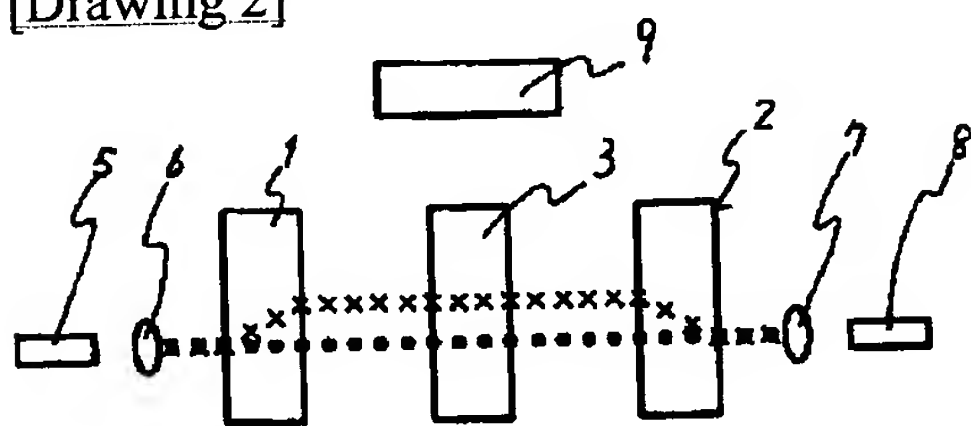
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

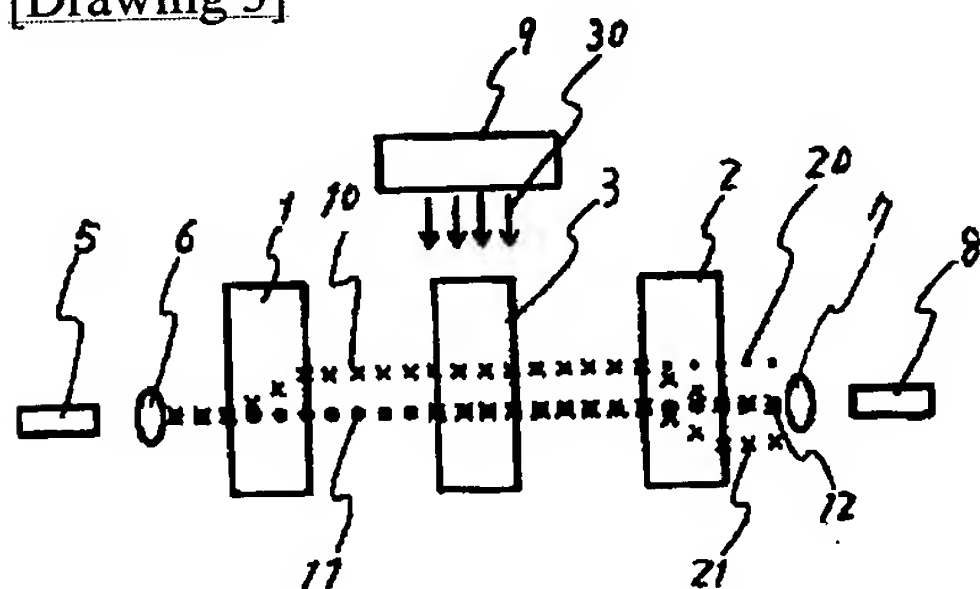
[Drawing 1]



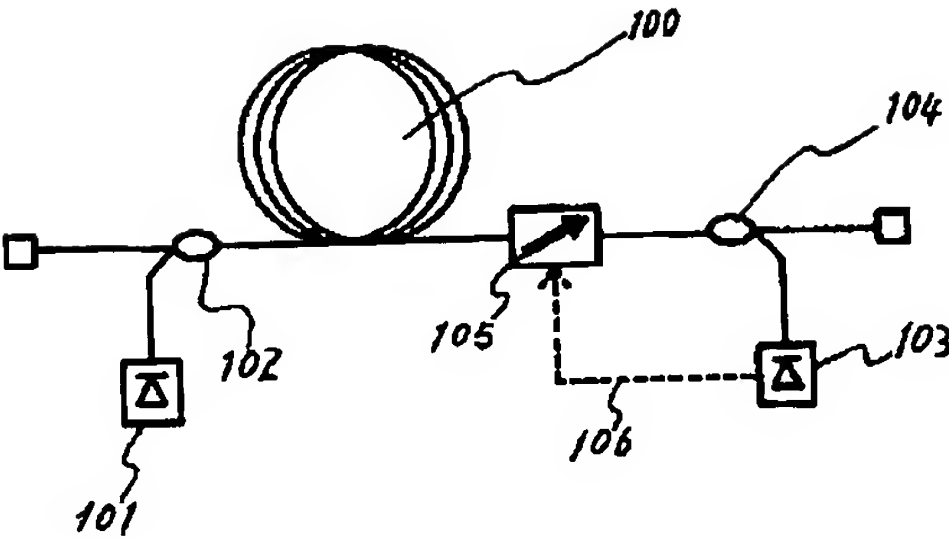
[Drawing 2]



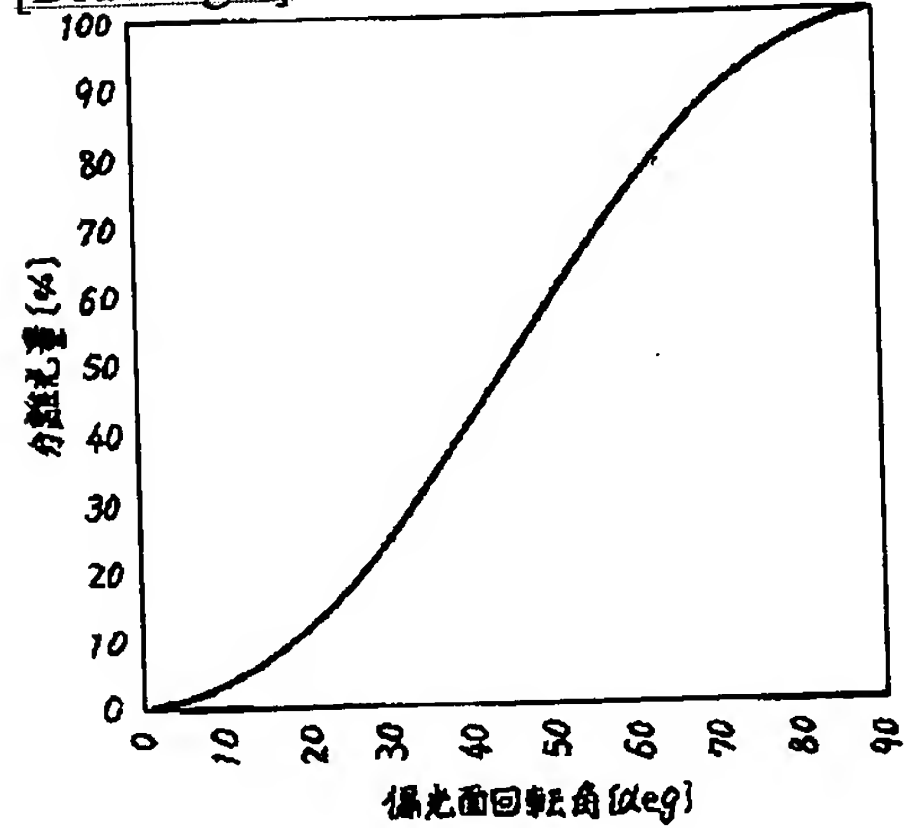
[Drawing 3]



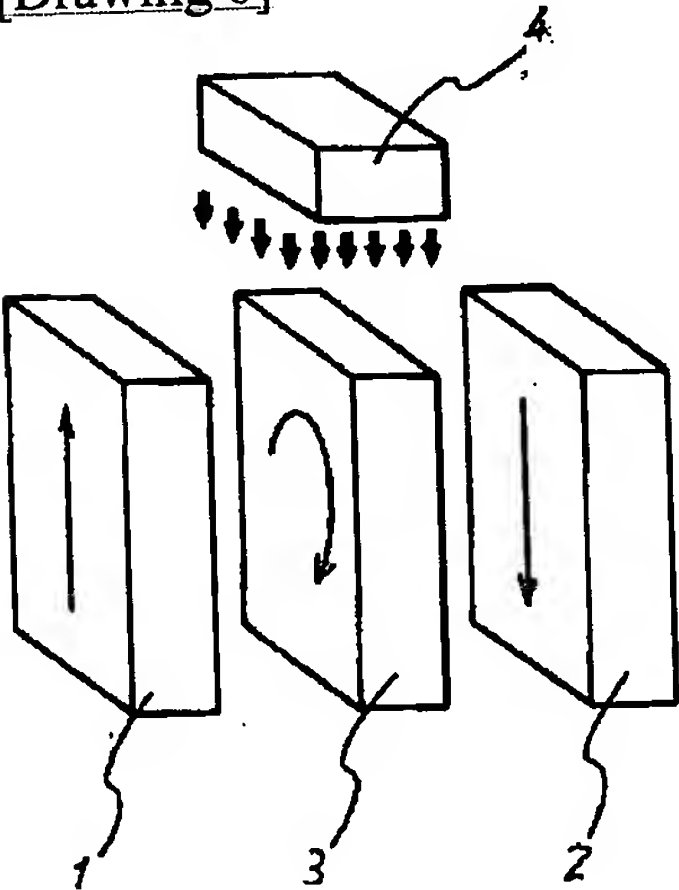
[Drawing 4]



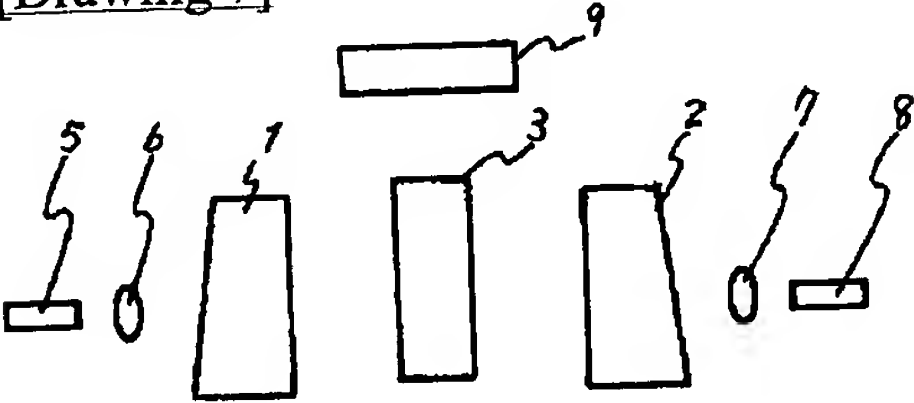
[Drawing 5]



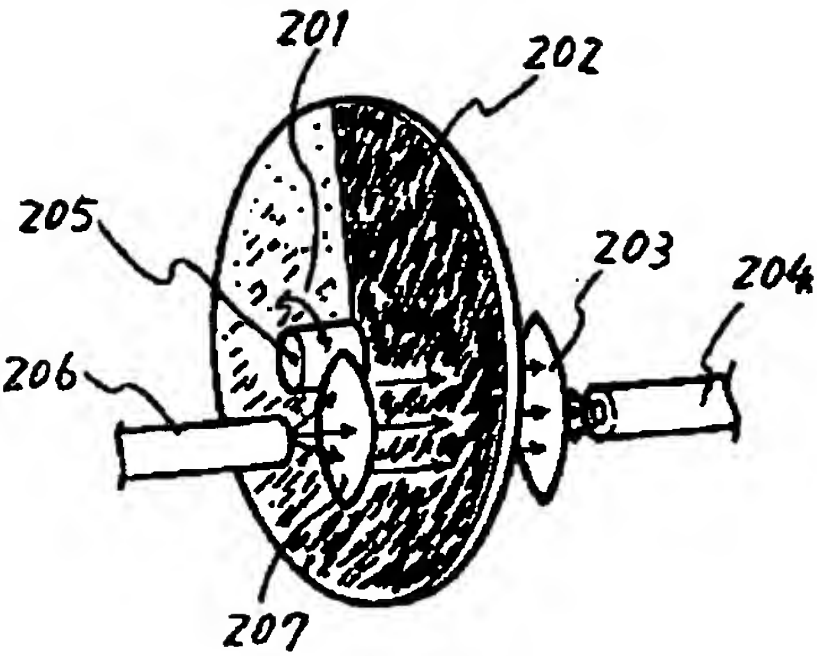
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-288256

(43) 公開日 平成9年(1997)11月4日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/09

識別記号

5 0 5

庁内整理番号

F I

G 0 2 F 1/09

技術表示箇所

5 0 5

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平8-100037

(22) 出願日

平成8年(1996)4月22日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 小熊 健史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

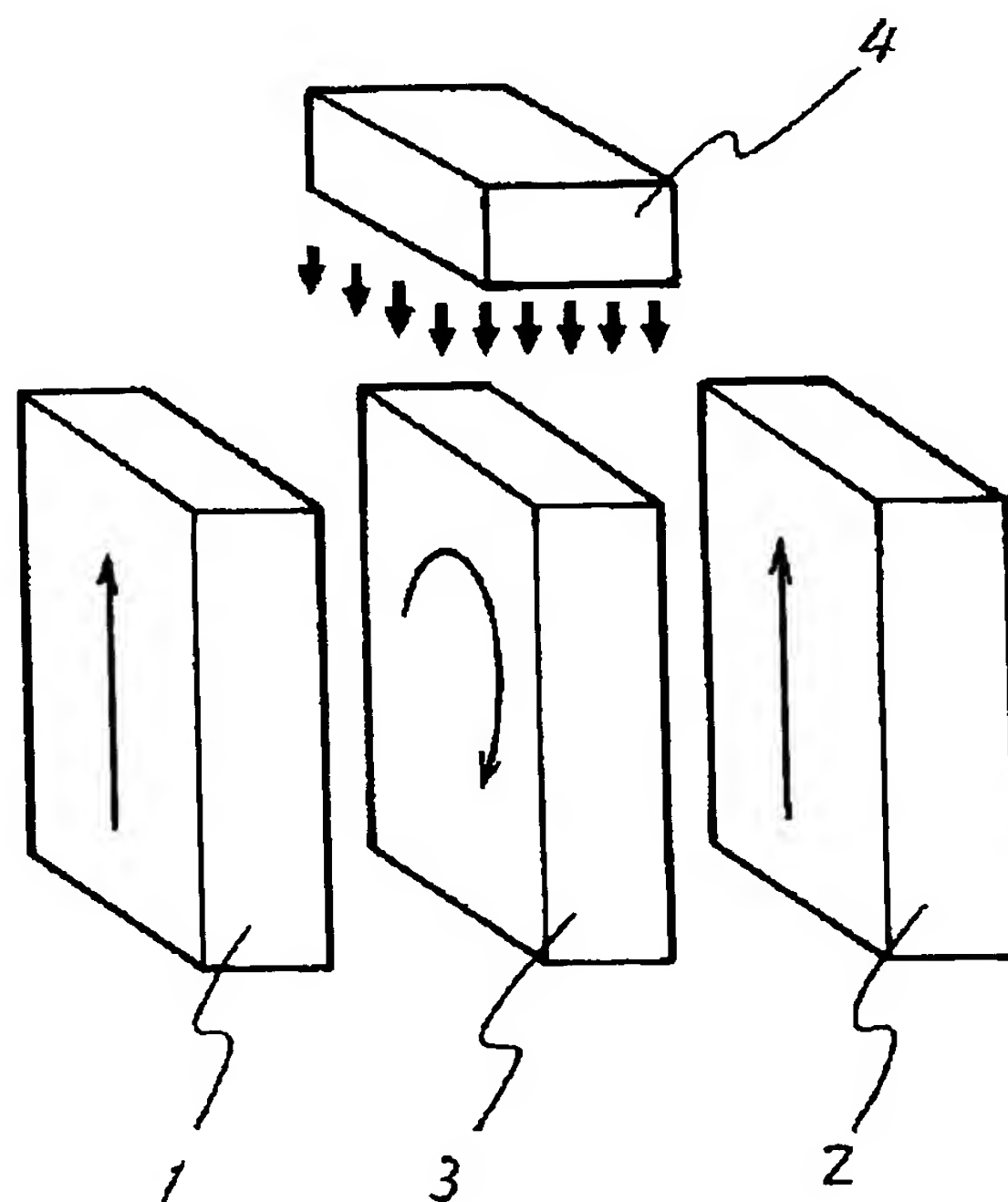
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 可変光減衰器

(57) 【要約】

【課題】 小型で、かつ高信頼な可変光減衰器を提供する。

【解決手段】 第1及び第2の二つの複屈折物質とこれらの複屈折物質との間に配置されるファラデー回転素子と、ファラデー回転素子に磁界を印加する磁界印加手段とを有する可変光減衰器であって、第1の複屈折物質と第2の複屈折物質の異常光分離方向が同一または反対方向で、かつ磁界印加手段は磁界の強度を制御する磁界制御手段を備えている。平行に配置され、かつ異常光分離方向が同一もしくは反対方向の2枚の複屈折物質および、その中間に配置されたファラデー回転素子と、ファラデー回転素子へ十分な磁界を加えることができ、かつ加える磁界の強度を可変できる磁気回路を有する。ファラデー回転素子の持つ磁気光学効果を利用しており、摺動部がなく、減衰膜を用いた場合に必要となるモーターなどの機構部材も不要のため、小型で、かつ高信頼な可変光減衰器を提供できる



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の複屈折物質と、
第 2 の複屈折物質と、
前記第 1 の複屈折物質と前記第 2 の複屈折物質との間に
配置されるファラデー回転素子と、
前記ファラデー回転素子に磁界を印加する磁界印加手段
とを有する可変光減衰器であって、
前記第 1 の複屈折物質と前記第 2 の複屈折物質の異常光
分離方向が同一または反対方向で、かつ前記磁界印加手
段は、前記磁界の強度を制御する磁界制御手段を備えて
いることを特徴とする可変光減衰器。

【請求項 2】 前記第 1 の複屈折物質と前記第 2 の複
屈折物質は、平行平板ルチルであることを特徴とする請
求項 1 記載の可変光減衰器。

【請求項 3】 前記ファラデー回転素子が、イットリ
ウム鉄ガーネットであることを特徴とする請求項 1 記載
の可変光減衰器。

【請求項 4】 前記ファラデー回転素子が、ビスマス
置換ガーネットであることを特徴とする請求項 1 に記載
の可変光減衰器。

【請求項 5】 前記ファラデー回転素子は、飽和磁界
における通過前後の偏光面回転角が 90 度であることを
特徴とする請求項 1 記載の可変光減衰器。

【請求項 6】 前記磁気印加手段は、発生する最大磁
界において、前記ファラデー回転素子の通過前後の偏光
面回転角が 90 度であることを特徴とする請求項 1 記載
の可変光減衰器。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、可変光減衰器に関
し、特に、フィードバック制御が可能な電気制御型の可
変光減衰器に関する。

【0001】

【従来の技術】近年、光ファイバ増幅器の実用化に伴
い、多波長一括伝送方式（以下「WDM伝送」とい
う。）への期待が高まりつつある。WDM伝送を実現す
るためには、光ファイバ増幅器の利得の波長依存性の低
減が不可欠である。

【0002】光ファイバ増幅器の利得の波長依存性の低
減のための一つの方法として、エルビウム・ドープ・フ
ァイバ（以下「EDF」という。）の利得波長依存性の
最適化があるが、実現のためには EDF の利得を一定に
制御する必要がある。

【0003】しかしながら、EDF の利得を一定に制御
した場合、光ファイバ増幅器への入力信号のレベル変動
が出力段にそのまま現れることになり、多段伝送を行っ
た場合、受信段におけるレベル変動が大きくなり、装置
への適用は困難である。

【0004】そこで、光ファイバ増幅器の出力レベル変
動補償用に用いる、フィードバック制御が可能な電気制
御型可変光減衰器が必要となる。図 4 に光ファイバ増幅

器への可変光減衰器の一適用例を示す。また、図 8 に示
されるように、従来の可変光減衰器として、特願昭 6 2
- 2 4 7 9 3 5 号公報に記載の構成が知られている。

【0005】ここに示されている従来の構成では、クロ
ムなどの金属がガラス板に順次密度が高くなるように蒸
着された光減衰膜が光路中に配置され、ステッピングモ
ータなどにより回転、あるいは移動させることで光減衰
量が調整される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述し
た従来の光減衰器の構成では、以下のような問題があ
る。すなわち、第 1 の問題点は、可変光減衰器が大型
であるということである。その理由は、光減衰膜を用い
た場合、減衰量可変範囲を大きくするためには、膜の移
動範囲を大きくする必要があり、動作素子にステッピン
グモータなどを用いる必要があるためである。

【0007】第 2 の問題点は、信頼性が悪く、機械的な
可動部を有することなどにより、長期間無故障で動作し
続ける必要のある商用通信装置への適用は困難であるこ
とである。複屈折物質を移動させる摺動部が摩耗故障が
発生する可能性高いためである。

【0008】本発明の目的は、小型で、かつ高信頼の可
変光減衰器を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の可変光減衰器
は、上記従来の光減衰器がもつ欠点を除去するために、
第 1 の複屈折物質と第 2 の複屈折物質とこれら第 1 及び
第 2 の複屈折物質との間に配置されるファラデー回転素
子と、ファラデー回転素子に磁界を印加する磁界印加手
段とを有しており、第 1 の複屈折物質と第 2 の複屈折物
質の異常光分離方向が同一または反対方向で、かつ磁界
印加手段は、磁界の強度を制御する磁界制御手段を備え
ていることを特徴としている。

【0010】具体的な複屈折物質を構成する材料とし
て、本発明の可変光減衰器は、第 1 の複屈折物質と前記
第 2 の複屈折物質に平行平板ルチルが用いられている。
また、ファラデー回転素子は、イットリウム鉄ガーネッ
ト又はビスマス置換ガーネットであることを特徴として
いる。

【0011】また、ファラデー回転素子は、飽和磁界に
おける通過前後の偏光面回転角が 90 度である。さら
に、磁気印加手段は、発生する最大磁界において、ファ
ラデー回転素子の通過前後の偏光面回転角が 90 度であ
ることを特徴としている。

【0012】本発明の可変光減衰器は、第一の複屈折物
質と、ファラデー回転素子と、第二の複屈折物質を光軸
上に順次配置し、前記ファラデー回転素子に磁界を印加
する磁気回路を配置した構造で、2 つの複屈折物質の異
常光分離方向が同一または反対方向で、かつ磁気回路は
ファラデー回転素子へ十分な磁界を加えることができ、

10

20

30

40

50

かつ加える磁界の強度を可変できる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について、図1を用いて詳細に説明する。

【0014】図1は、本発明の可変光減衰器の一実施例を示す図である。複屈折物質1、2はルチル、方解石等の複屈折物質で、両者は平行に配置され、その異常光分離方向は矢印に示すとおり、反対方向である。

【0015】複屈折物質1、2の間には、イットリウム鉄ガーネット、あるいはビスマス置換ガーネット等を用いたファラデー回転素子3が配置されている。その外側には、ファラデー回転素子3へ十分な磁界を加えることができ、かつ加える磁界の強度を可変できる磁気回路4が設けられている。

【0016】次に、本発明の動作状態について、図2、3を用いて説明する。

【0017】図2は光減衰量が最小のとき、すなわち磁気回路4が動作しておらず、ファラデー回転素子3に外部磁界が加えられていない状態の動作を示す図である。入射側ファイバ5からレンズ6を通して複屈折物質1に入った光線は、複屈折物質1の異常光分離方向に沿って常光と異常光に分離し2本の光線となった後に、ファラデー回転素子3に入射される。

【0018】ファラデー回転素子3に外部磁界が加えられていない状態のため、入射光がファラデー回転素子3を通過する前後において、通過光の偏光面は変化しない。従って、ファラデー回転素子3を通過した光は、複屈折物質2において、偏光合成され、再び1本の光線となった後にレンズ7を通り出射側ファイバ8に結合する。

【0019】図3は、磁気回路4は働いており、ファラデー回転素子3に外部磁界が加えられてる状態である。入射光がファラデー回転素子3を通過する前後において、その偏光面は回転し、その回転量は外部磁界に比例する。

【0020】入射側ファイバ5からレンズ6を通して複屈折物質1に入射された光線は、複屈折物質1の異常光分離方向に沿って常光と異常光に分離され、2本の光線となってファラデー回転素子3に入射される。

【0021】ファラデー回転素子3を通過し、偏光面が回転した光は、複屈折物質2において、偏光合成される。このとき、光の偏光面が複屈折物質2の異常光分離方向に対して回転しているため、すべての光が再び1本の光線とはならず、出射側ファイバに結像しない分離光が発生する。

【0022】分離光量は、ファラデー回転素子3を通過することにより起こる偏光面の回転と相関があり、その関数式は、

$$x = 100 \cdot \sin 2\theta (\%)$$

により与えられる。上式において、xは入射光に対する

分離光の割合(%)であり、 θ はファラデー回転素子における偏光面の回転角である。つまり、 $\theta = 90 [deg]$ において、分離光量が100%となり、減衰量が最大となる。図5に偏光面の回転角と分離光量の相関図を示す。

【0023】このことから、ファラデー回転素子3は、最大外部磁界に対して偏光面が90[deg]回転するような厚さにすることで、光回路の最適化を図ることができる。

【0024】また、本実施の形態においては、複屈折物質1、2の異常光分離方向が反対方向である場合を例としたが、図6に示されるように、複屈折物質1、2の異常光分離方向が同一の場合においても有効である。

【0025】この場合、磁気回路4が働いていないときに減衰量が最大となり、磁気回路4の発生する磁界がファラデー回転素子3の飽和磁界以上となったときに減衰量が最小となる以外、動作原理については同一である。

【0026】そのほか、本実施の形態においては複屈折物質1、2の形状は平行平板状であったが、図7に示すような楔状のものを用いてもよい。

【0027】

【実施例】次に、本特許の具体的な実施例について説明する。複屈折物質1、2は、直径2mm、厚さ1mmの平行平板ルチルで、反射防止のために光軸に対して5[deg]傾けられて、また2枚のルチル板は平行、かつ異常光分離方向は反対方向となるよう配置されている。

【0028】ファラデー回転素子3には、200エルステッドの飽和磁界において45[deg]のファラデー回転角を発生する、直径2mmのガドリウム・ビスマス置換ガーネット厚膜が2枚貼合わされたものが用いられて、上記複屈折物質1、2と平行に配置されている。

【0029】磁気回路4には、直径12mmのボビンに、直径0.4mmのエナメル線が1200ターン巻付けられたソレノイドが用いられている。ボビンの内部に上記複屈折物質1、2およびファラデー回転素子3が配置されている。本磁気回路によって発生した磁界は、印加電圧5V時に300エルステッドである。

【0030】入射側ファイバ5および出射側ファイバ8は、シングルモードファイバで、出射端及び入射端は反射防止のため、5[deg]傾けて研磨されている。結合用のレンズは、レンズ間距離30mmの非球面レンズが使用されている。このような構成により、光部品の外観寸法は60×20×20mmとなり、従来の可変光減衰器と比較して体積比で約1/10となっている。

【0031】また光学特性は、ソレノイドへの印加電圧0Vにおいて、最低結合損失が1.2dB、印加電圧5Vにおいて、挿入損失は30dBとなり、減衰量可変幅28dB以上が確認されている。また、80℃高温環境中に3000hr放置した後も特性変動なく高信頼性を

10

20

30

40

50

有していることを確認されている。

【0032】

【発明の効果】第1の効果は、小型であることである。その理由は、減衰膜を用いていないため、移動機構、モーターなどの機構部品が不要であるからである。第2の効果は、高信頼であることである。その理由は、ファラデー回転素子の持つ磁気光学効果を利用しており、摺動部がないことによる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の可変光減衰器の一実施例を示す図である。

【図2】本発明の可変光減衰器の一実施例の動作状態を示す図である。

【図3】本発明の可変光減衰器の一実施例の動作状態を示す図である。

【図4】本発明の可変光減衰器を光ファイバ増幅器に適用した一実施例を示す光ファイバ増幅器の構成図である。

【図5】本発明の可変光減衰器の偏光面回転角と分離光量を示す図である。

【図6】本発明の可変光減衰器の第2の実施例の構成を示す図である。

【図7】本発明の可変光減衰器の第2の実施例の構成を示す図である。

【図8】減衰膜を使用した従来の可変光減衰器を示す図である。

【符号の説明】

1 複屈折物質

* 2 複屈折物質

3 ファラデー回転素子

4 磁気回路

5 入射側ファイバ

6 レンズ

7 レンズ

8 出射側ファイバ

9 磁気回路

10 異常光

11 常光

12 出射光

20 分離光

21 分離光

30 外部磁界

100 エルビウム・ドープ・ファイバ

101 励起レーザ

102 WDMカブラ

103 出力モニタ用フォト・ダイオード

104 タップ・カブラ

20 105 可変光減衰器

106 フィード・バック経路

201 減衰膜調整方向

202 減衰膜

203 出射側レンズ

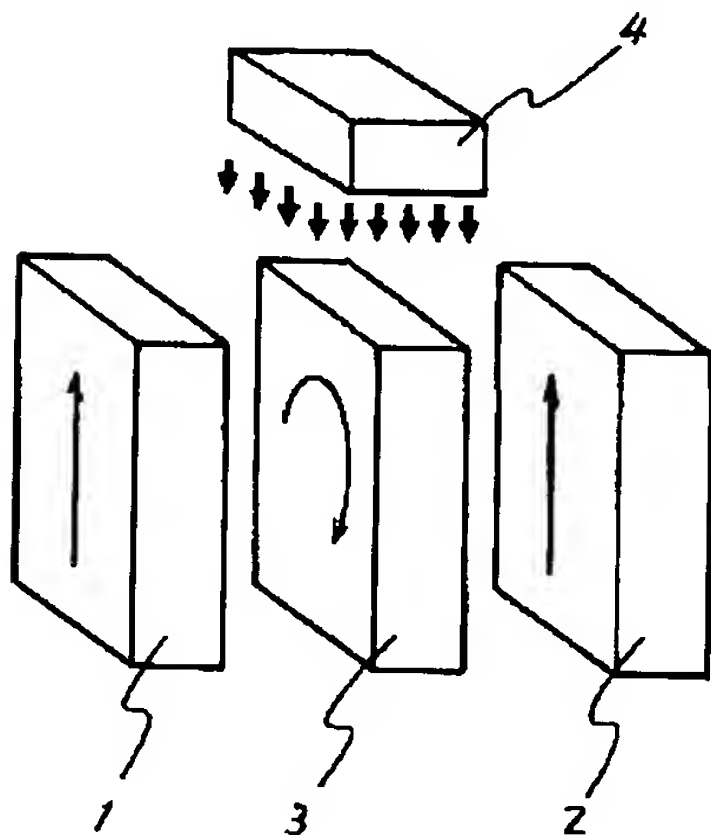
204 出射側ファイバ

205 回転軸

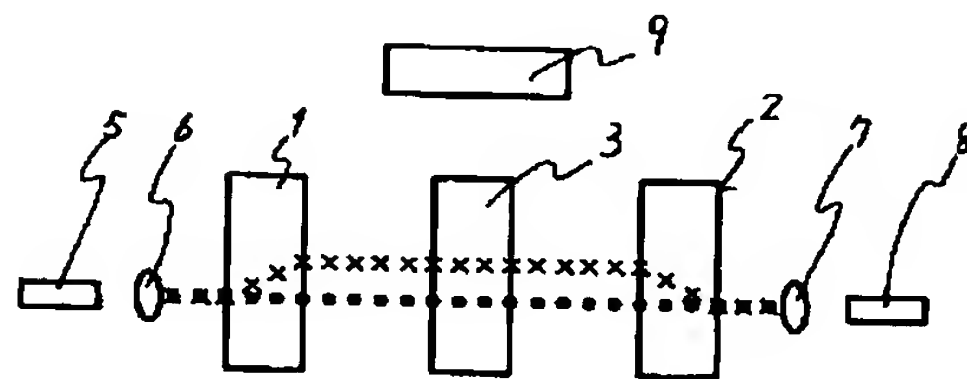
206 入射側ファイバ

* 207 入射側レンズ

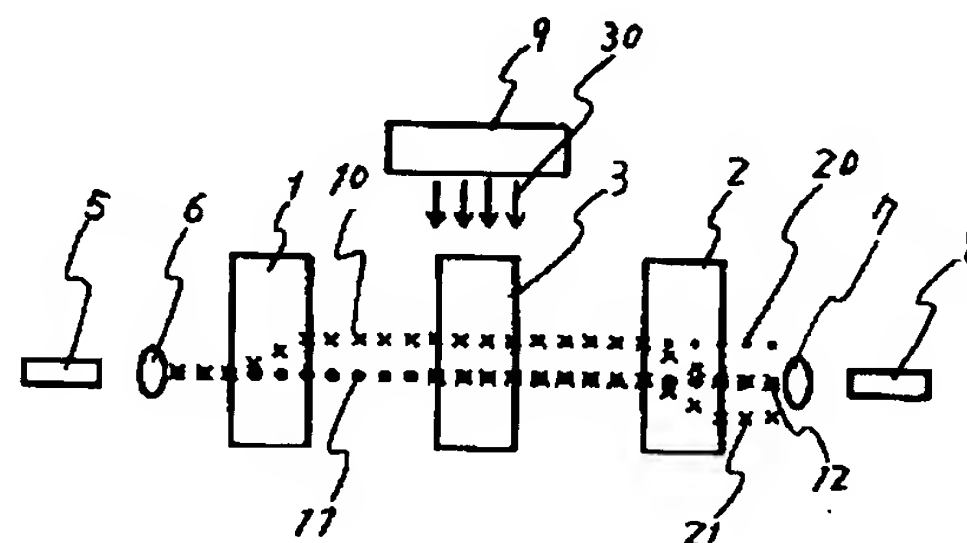
【図1】



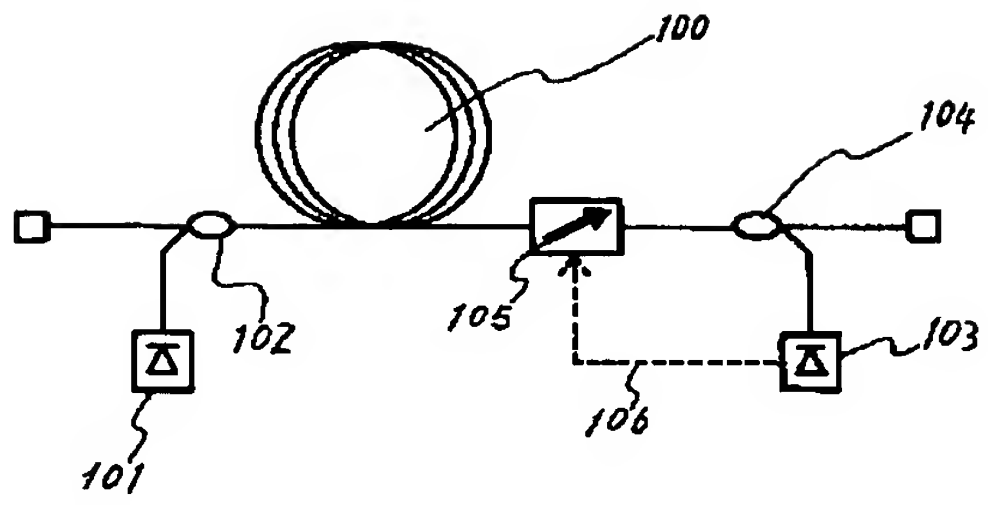
【図2】



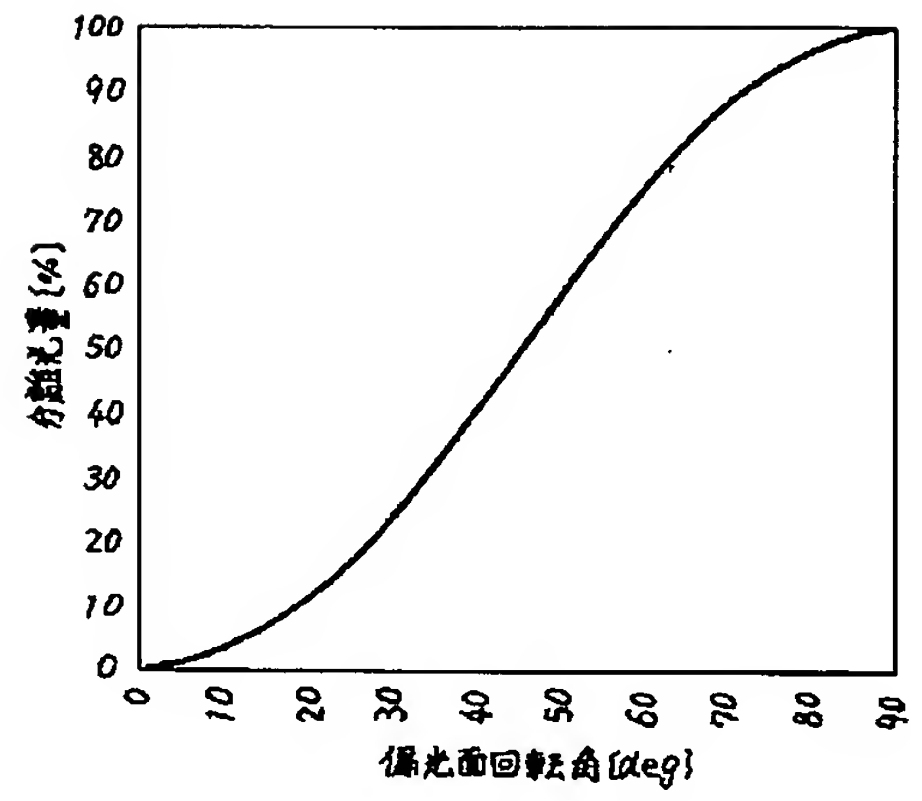
【図3】



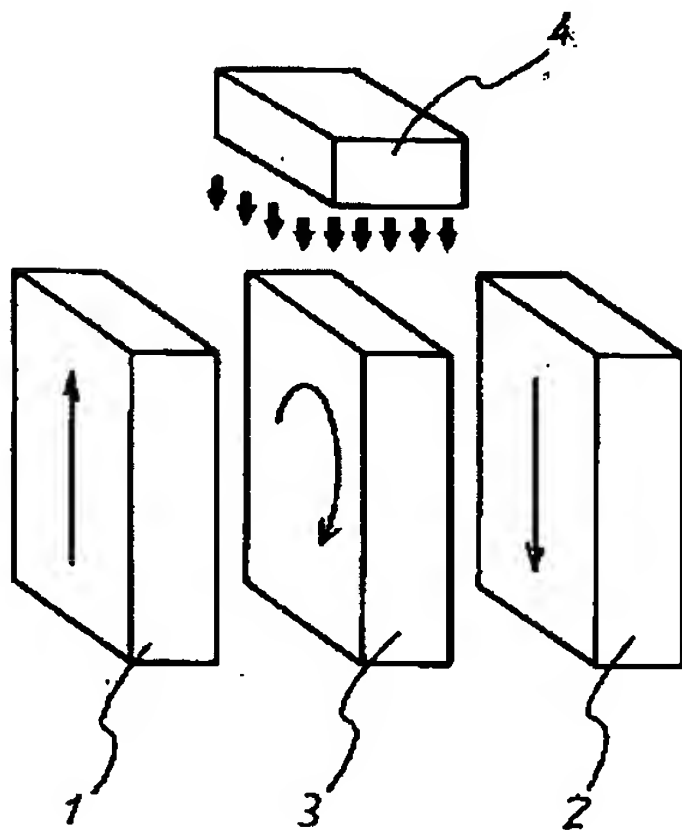
【図4】



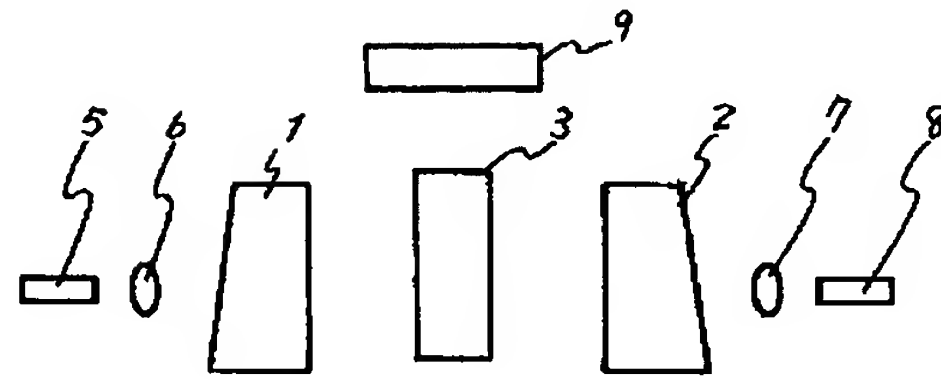
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

